



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM
PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 16. Oktober 1954

Klasse 791

Gesuch eingereicht: 1. April 1950, 13 Uhr. — Patent eingetragen: 15. August 1954.

HAUPTPATENT

W. Ferd. Klingenberg Söhne, Remscheid (Deutschland).

**Wälzverfahren und Werkzeug zum Verzahn von Kegelrädern mit Bogenzähnen.**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Wälzverfahren zum Verzahn von Kegelrädern mit Bogenzähnen, bei dem die hohlen und erhabenen Zahnflanken in dem gleichen Arbeitsgang geschnitten werden, und zwar mit einem Werkzeug, dessen Schneidkanten sich auf zyklidenförmigen, z. B. epizykloidenförmigen Bahnen, in der Ebene des Werkzeugplanrades bewegen.

10 Gemäß dem erfindungsgemäßen Wälzverfahren wird während des Verzahnens die Achse des Werkstückes aus ihrer durch die Größe des Teilkegelwinkels gegebenen Neigung zum Werkzeugplanrad so verschwenkt
15 gehalten, daß sich die Weiten der in das Werkstück geschnittenen Lücken, in der Umfangsrichtung des Werkstückes gemessen, am großen und am kleinen Durchmesser der zu erzeugenden Verzahnung proportional ihren
20 Abständen von der Kegelspitze verhalten. Für die Ausführung dieses Verfahrens ist ein ebenfalls Erfindungsgegenstand bildendes Werkzeug mit Messern vorgesehen, bei welchem die Symmetrielinie zweier gerader Linien, welche eine gerade Schneidkante der
25 Messer für die hohlen und eine gerade Schneidkante der Messer für die erhabenen Zahnflanken enthalten, geneigt zu der Achse des Werkzeuges verläuft, wobei der Neigungswinkel so groß ist, daß das Tragbild auf der hohlen und der erhabenen Zahnflanke beim Abrollen mit dem Gegenrad in der Mitte des Zahnes mindestens angenähert gleich weit von

der Zahnkopfkante und der Zahnfußkante entfernt ist. 35

Man könnte die Messer in ihrem Messerkopf so einstellbar lagern, daß bei einer Neubestückung etwaige kleine Winkelunterschiede in der Neigung ihrer Symmetrielinie auszugleichen wären. Man kann solchen, die Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse gefährdenden Neigungsunterschieden zwischen verbrauchten und Ersatzmessern aber auch dadurch begegnen, daß man die Lebensdauer der Messer möglichst groß macht, also die Zahl der Neubestückungen herabsetzt. Diese Aufgabe kann
40 dadurch gelöst werden, daß die Messer nach Art von Gewindestrehlern die Form runder Scheiben erhalten. Solche Messer halten wesentlich länger als die bisher üblichen, stabförmigen Messer. 45

Das erfindungsgemäße Verfahren und das zu seiner Durchführung vorgeschlagene Werkzeug zeichnen sich durch besondere Einfachheit aus. Dank dieser Einfachheit sind sie vor allem geeignet, feinzahnige Kegelräder mit hoher Genauigkeit wirtschaftlich herzustellen. 50

Die beiliegende Zeichnung bezieht sich auf ein Beispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens und auf beispielsweise Ausführungsformen des Werkzeuges.

Fig. 1 zeigt ein zu verzahnendes Kegelrad im Eingriff in das Werkzeugplanrad.

Fig. 2 zeigt das Werkzeugplanrad nach Fig. 1 von oben gesehen. 55

Fig. 3 bis 5 zeigen einen das Werkzeug bildenden Messerkopf mit Messern zur Ausübung des Verfahrensbeispiels, und zwar in verschiedenen Ansichten.

Fig. 6 zeigt eine von den Fig. 3 bis 5 abweichende Ausführungsform der Messer.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform des Messerkopfes.

Fig. 8 ist eine Teilansicht zu Fig. 7.

Die Herstellung von Spiralkegelrädern in der Weise, daß die Schneidkanten des Werkzeuges auf zyklidenförmigen Bahnen in der feststehenden Ebene des Werkzeugplanrades bewegt werden, gehört zum bekannten Stand der Technik und bedarf deshalb hier keiner ausführlichen Beschreibung.

Die Messer, deren Schneidkanten nach diesem Verfahren zur Ausarbeitung der Zahn-
lücken in dem Werkstück dienen, sind in dem Messerkopf Fig. 3 und 4 gelagert, der in Fig. 1 und 2 schematisch durch einen Hebelarm b angedeutet und mit der Achse c drehbar in der Planscheibe der Verzahnmaschine gelagert ist. Planscheibenachse und Messerkopfachse verlaufen parallel zueinander. Ihr gegenseitiger Abstand ist je nach der Größe des zu verzahnenden Rades einzustellen. Während des Verzahnens führt der Messerkopf eine Planetenbewegung um die Planscheibenachse aus.

Da der Aufbau einer solchen Maschine grundsätzlich bekannt ist, sei lediglich noch bemerkt, daß das zu verzahnende Rad g so der Planscheibe gegenüber angeordnet ist, daß seine Achse die Achse der Planscheibe schneidet, wobei der Neigungswinkel zwischen Radachse und Planscheibenachse in Abhängigkeit von dem Kegelwinkel des herzustellenden Rades einstellbar ist.

Während des Verzahnens rotiert die Planscheibe. Außerdem drehen sich Messerkopf und zu verzahnendes Rad nach einem eingestellten Übersetzungsverhältnis. Dabei beschreiben die Schneidkanten der Messer in der feststehenden Ebene E des Werkzeugplanrades Epizykloiden, im Rad erzeugen sie Kegelzykloiden, wie es allgemein bekannt ist.

Es ist üblich, bei der Betrachtung dieser Vorgänge nicht unmittelbar die Entstehung

der zyklidenförmigen Bahnen zu betrachten, sondern anzunehmen, daß diese zyklidenförmigen Bahnen, soweit sie das zu schneidende Rad durchdringen, Teile eines gedachten, ebenen Rades, des Werkzeugplanrades, sind. Die Zähne des Werkzeugplanrades sind verkörpert durch die Bahnen der Messerschneiden. Das zu verzahnende Rad und das Werkzeugplanrad drehen sich in einem eingestellten Übersetzungsverhältnis. Ein solches Übersetzungsverhältnis kann man, wie ebenfalls allgemein bekannt, zeichnerisch anschaulich machen durch zwei Kreise, von denen einer um die Planscheibenachse und ein zweiter um die Messerkopfachse geschlagen wird, deren Durchmesser sich wie das Übersetzungsverhältnis vom Messerkopf zum Rad verhalten, und die so groß gewählt sind, daß sich die Kreise berühren. Diese Kreise sind die bekannten Rollkreise der zyklidenförmigen Kurven.

In Fig. 1 ist der besseren Anschaulichkeit halber nur ein Messer a des Messerkopfes gezeichnet, der Messerkopf ist schematisch als Hebelarm durch die Linie b angedeutet. c ist die Achse des Messerkopfes, e und f sind die oben erwähnten Rollkreise, die, wie dargelegt, nur gedachte Größen sind; die Antriebsräder für den Messerkopf und die Planscheibe liegen im Innern der Maschine, sie sind hier nicht gezeichnet. Man hat sich vorzustellen, daß der Arm b drehfest mit dem gedachten Rollkreis c verbunden ist.

Die Aufgabe, die sich die vorliegende Erfindung gestellt hat, besteht darin, in das Werkstück Lücken zu schneiden, deren Weiten sich, in der Umfangsrichtung des Werkstückes gemessen, am großen und am kleinen Durchmesser der zu erzeugenden Verzahnung proportional zu ihren Abständen von der Kegelspitze d (Fig. 2), also proportional r_2 zu r_1 , verhalten.

l_2 muß sich also zu l_1 verhalten wie r_2 zu r_1 . Ist diese Bedingung erfüllt, dann vermindert sich die Zahndicke s_2 zu s_1 nach dem gleichen Gesetz.

Wird das Rad g so zum Werkzeugplanrad eingestellt, daß seine Achse h mit diesem einen Winkel δ bildet, der dem Teilkegel des Rades

entspricht, und in dieser Einstellung verzahnt, so sind die Lücken in der Regel am Innendurchmesser zu weit. Dieser Winkel wird beim Verzahnen so viel kleiner eingestellt, daß die Zähne des Werkstückplanrades nach der Planradmitte zu weniger tief in das zu verzahnende Rad eindringen, und zwar um so viel weniger, daß das Verhältnis der Lückenweite außen und innen der oben festgelegten Regel entspricht. Die vorgeschriebene Verschwenkung hat deshalb die angestrebte Verminderung der Lückenweite zur Folge, weil die Messer sich nach ihrem Kopf hin keilförmig verjüngen, spiegelbildlich zu den Zahnücken, die sie zu schneiden haben. An denjenigen Stellen, an denen sie weniger tief in das zu verzahnende Rad eindringen, werden die geschnittenen Lücken auch weniger weit. Der zugehörige Winkel δ' kann leicht errechnet werden, er ist auch durch Versuche leicht zu ermitteln. Mit Bezug auf Fig. 1 kann diese Regel auch so ausgedrückt werden: Die Werkstückachse k wird während des Verzahnens aus ihrer durch die Größe des Teilkegelwinkels gegebenen Neigung um einen Winkel α in der korrigierten Winkelstellung (δ') geschwenkt gehalten.

Zweckmäßig kommt die Verminderung der Lückenweite von außen nach innen schon im Werkzeugplanrad den anzustrebenden Proportionen möglichst nahe. Das ist der Fall, wenn die Zykloidenstrecken, nach denen die Zähne in ihrer Längsrichtung gekrümmt sind, den nach Evolventen gekrümmten Bogenzähnen möglichst ähnlich sind, denn die evolventenförmigen Bogenzähne haben die Eigenart, daß ihre Lückenweite, die, senkrecht zur Lücke gemessen, vom großen zum kleinen Raddurchmesser gleich bleibt, in der Umfangsrichtung gemessen proportional abnimmt, wie es hier angestrebt wird.

Als äußeres Merkmal für diese Ähnlichkeit kann der Spiralwinkel β in der Mitte des Zahnes, also an der Stelle der Zahnlänge, in der dieser Winkel in Fig. 2 eingezeichnet ist, angesehen werden. Es kann also die Regel aufgestellt werden:

Der Spiralwinkel β in der Mitte des Zahnes der nach dem vorliegenden Verfahren ge-

schnittenen Räder entspricht zweckmäßig dem Spiralwinkel in der Zahnmitte, der beim Schneiden evolventenförmig gekrümmter Zähne in die gleichen Räder auftreten würde.

Die beschriebene Abänderung des Teilkegelwinkels in den Einstellwinkel δ' würde in vielen Fällen einen schiefen Zahneingriff verursachen. Um diesem entgegenzuwirken, verläuft Symmetrielinie i (Fig. 1) zweier gerader Linien l_1, l_2 , welche eine gerade Schneidkante α_1 für die hohlen und eine gerade Schneidkante α_2 für die erhabenen Zahnflanken enthalten, geneigt zu der Achse c des Messerkopfes. In Fig. 1 ist die Linie i eine Symmetrielinie zu den Linien l_1, l_2 , welche die an dem gleichen Messer befindlichen Schneidkanten α_1 und α_2 enthalten. In diesem Falle hat also das Messer eine Schneidkante für die hohlen und eine Schneidkante für die erhabenen Zahnflanken. Befindet sich die eine Schneidkante an dem einen Messer und die andere Schneidkante an dem andern Messer, so nimmt man zur Festlegung der Symmetrielinie an, daß sich beide Schneidkanten an dem gleichen Messer befinden. In Fig. 1 ist die genannte Neigung durch den Winkel γ angedeutet, und zwar bezogen auf eine Parallele c' zu c . Der Neigungswinkel ist so groß gewählt, daß das Tragbild k auf der hohlen und auf der erhabenen Zahnflanke beim Abrollen mit dem Gegenrad in der Zahnmitte mindestens angenähert gleich weit von Zahnkopfkante und Zahnfußkante entfernt bleibt. Die Strecke u ist also mindestens angenähert gleich der Strecke v . Der Winkelunterschied ist zu errechnen, er kann auch leicht durch Versuche festgestellt werden.

In den vorstehenden Erläuterungen des Verfahrens wurde der Anschaulichkeit halber ein einziges, sowohl die hohlen wie auch die erhabenen Zahnflanken schneidendes Messer dargestellt (Messer a in Fig. 1 und 2).

Es ist dem Verzahnungsfachmann bekannt, statt dessen mehrere Messer zu verwenden, beispielsweise zwei, um mit dem einen Messer die hohlen und mit dem andern die erhabenen

Flanken zu bearbeiten. Von dieser Möglichkeit macht der Messerkopf nach Fig. 3 bis 5 Gebrauch. Er weist zwei Messer a_1 und a_2 auf. Die Messer haben nach Art von Gewindestrehern die Form einer runden, doppelkegelförmigen Scheibe. Der Umfang dieser Scheibe ist an einer Stelle durch eine winkelförmige Einarbeitung 1 unterbrochen; dadurch bildet sich eine Spanfläche m .

Die scheibenförmigen Messer a_1 und a_2 sind mit einem Preßsitz undrehbar auf Achsen n befestigt, die mit Vierkanten n' drehbar sind. Damit werden sie in Bohrungen des Messerkopfes o bzw. seiner Spanndeckel o' zentriert.

Wie eine Betrachtung der Fig. 3 bis 5 lehrt, ist die Lage der Messer bzw. deren Schneidkanten zur Messerkopfachse durch die Form des Messerkopfes ohne Zutun des Bedienungsmannes festgelegt. Es ist bekannt und wird hier nur noch einmal der Vollständigkeit halber erwähnt, daß die Messer auf einer archimedischen Spirale liegen müssen. Auch in der Höhe sind die Messer durch ihre Achsen n festgelegt. Der Bedienungsmann hat also nur die richtige Spanfläche m zu suchen, bevor er die Messer festspannt. Dazu dient eine fest mit dem Messerkopf verschraubte, schablonenartige Platte p mit zwei Zähnen p' , welche die theoretisch richtige Lage der Spanfläche angeben. Die Vierkante n' der Messerachse bieten die Möglichkeit, die Messer mit einem Schlüssel so zu drehen, daß ihre Spanflächen an den Zähnen der Platten anliegen. Dann ist die richtige Lage der Messer erreicht. Sie werden darauf mit den Deckeln o' endgültig festgespannt.

Eine besondere Form des Messers ist in Fig. 6 dargestellt. Danach wird das runde Messer tellerförmig gestaltet. Es hat einen ebenen Boden q und einen kegeligen Rand q' . Die Messerachse r schneidet die Achse o des Messerkopfes dann nicht rechtwinklig, sondern in einem schiefen Winkel. Bei dieser Ausbildung passen sich die Zähne des Messers besser den gekrümmten Flankenlinien der Radzähne an.

Bei den beschriebenen Messerköpfen wird ein Drehen der Messer durch den beim Verzahnen auftretenden Schneiddruck ausschließlich durch die Klemmwirkung verhindert, die in der Ausführung Fig. 4 durch das Festspannen des Spanndeckels o' mittels der Schraube s erzeugt wird. Die Fig. 7 und 8 zeigen eine Messerkopfausführung, bei der ein ungewolltes Drehen zwangsläufig verhindert wird. Auch bei diesem Messerkopf werden scheibenförmige Messer verwendet, ähnlich wie sie vorstehend beschrieben wurden. Im Gegensatz zu der oben beschriebenen Ausführung sind sie aber mittels einer Stirnzahnkupplung s mit einer in eine radiale Bohrung des Messerkopfes t eingelassenen Nabe u gekuppelt. Diese Nabe ist am Umfang verzahnt. Sie wirkt mit einer kleinen Schnecke v zusammen, die in eine quer dazu in den Messerkopf eingearbeitete Bohrung eingelassen ist. Messer und Messernabe werden von einer Schaftschraube w gehalten. Diese Art der Befestigung bietet nicht nur Sicherheit gegen ungewolltes Drehen der Messer, sie ist zugleich auch eine ausgezeichnete Feineinstellung. Durch Drehen der Schraube v kann die Spanfläche des Messers sehr feinstufig um kleine Beträge nach der einen oder andern Richtung verstellt werden, so wie es die jeweilige Einstellung erfordert.

Zur Bestimmung der genauen Lage der Spanfläche des Messers dient wiederum eine schablonenartige Platte p , wie sie schon beim ersten Beispiel beschrieben wurde.

Die Handhabung dieses Messerkopfes ist ohne weiteres verständlich. Die Stirnzahnkupplung verbindet Messer und Nabe lösbar miteinander, um den Austausch abgenutzter Messer gegen neue zu erleichtern. Das Vordrehen der Spanfläche des Messers gegen den Zahn der schablonenartigen Platte p erfolgt mit Hilfe der Schnecke v .

Natürlich ist die Erfindung nicht auf das dargestellte Beispiel beschränkt. So könnten zum Beispiel an Stelle der in den Zeichnungen dargestellten fräserartigen Werkzeuge auch Schleifwerkzeuge verwandt werden.

PATENTANSPRUCH I:

Wälzverfahren zum Verzahnen von Kegelrädern mit Bogenzähnen, bei dem die hohlen und erhabenen Zahnflanken in dem gleichen Arbeitsgang geschnitten werden, und zwar mit einem Werkzeug, dessen Schneidkanten sich auf zyklidenförmigen Bahnen in der Ebene des Werkzeugplanrades bewegen, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse (h) des Werkstückes während des Verzahnens aus ihrer durch die Größe des Teilkegelwinkels (δ) gegebenen Neigung zum Werkzeugplanrad so verschwenkt gehalten wird, daß sich die Weiten der in das Werkstück geschnittenen Lücken, in der Umfangsrichtung des Werkstückes gemessen, am großen und am kleinen Durchmesser der zu erzeugenden Verzahnung proportional zu ihren Abständen (r_2, r_1) von der Kegelspitze (d) verhalten.

UNTERANSPRUCH:

1. Wälzverfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß evolventenähnliche Stücke der zyklidenförmigen Schneidkantenbahn als Zahnlängelinien benutzt werden, wobei sich diese Ähnlichkeit darauf bezieht, daß der Spiralwinkel (β) in der Mitte des Zahnes mindestens annähernd dem Spiralwinkel in der Zahnmitte entspricht, der beim Schneiden evolventenförmig gekrümmter Zähne auftreten würde.

PATENTANSPRUCH II:

Werkzeug zur Ausführung des Verfahrens nach dem Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß die Symmetrielinie (s) zweier gerader Linien (l_1, l_2), welche eine gerade Schneidkante (a_h) der Messer für die hohlen und eine gerade Schneidkante (a_g) der Messer für die erhabenen Zahnflanken enthalten, geneigt zu der Achse (c) des Werkzeuges verläuft, wobei der Neigungswinkel (γ) so groß ist, daß das Tragbild auf der hohlen und der erhabenen Zahnflanke beim Abrollen mit dem Gegenrad in der Zahnmitte mindestens annähernd gleich weit von Zahnkopfkante und Zahnfußkante entfernt ist.

UNTERANSPRÜCHE:

2. Werkzeug nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß seine Messer nach Art von Gewindestrahlern die Form runder Scheiben haben (Fig. 5).

3. Werkzeug nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß seine Messer tellerförmig gestaltet sind und einen kegeligen Rand aufweisen.

4. Werkzeug nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß seine Messer je lösbar mit einer Nabe verbunden sind und daß diese Naben mit einer Feineinstellvorrichtung ausgerüstet sind (Fig. 7 und 8).

W. Ferd. Klingelnberg Söhne.

Vertreter: E. Blum & Co., Zürich.

